

Ⅲ-B184 シールドトンネルの合理的な設計法に関する研究

— 主働的地盤ばね定数の評価方法に関する一考察 —

早稲田大学 学生員 神田 大
早稲田大学 学生員 三浦 啓二
佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄
早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

自立性の高い地盤中に構築されるシールドトンネルは、地盤条件（土の物性や土被り等）に応じてその特性を生かした合理的な覆工設計が可能であると考えられる。筆者らはこの点に着目し、模型砂地盤を用いた基礎実験等を行ってきた¹⁾。その結果、覆工に作用する土圧は地盤と覆工との剛性比によって異なり、覆工の変形に伴う土圧の増減は地盤が受働側となる場合だけでなく、主働側となる場合にも生じ、この状況は、地盤ばねを用いて評価する全周地盤ばねモデルによって表現できるとの知見をすでに得ている。またこのモデルの適用に際して特に重要となるのは地盤ばね定数であるが、その適切な評価手法についても検討を行い、受働側の地盤ばね定数は地盤の変形係数、ポアソン比およびトンネルの半径から十分に推定できることを明らかにした¹⁾。一方、主働側の地盤ばね定数については、地盤と覆工との境界部分における応力の集中度とその領域の広がりに関連づけて推定できるものと考えたが、実験により地盤内の応力を直接的に計測することができなかったため、これを明確にすることは困難であった。

そこで、基礎実験の状況をFEM解析によりシミュレーションし、トンネル模型を埋設した模型砂地盤内の応力状態を把握することによって、主働側の地盤ばね定数を合理的に評価する手法について検討することを試みた。本報告はこの目的で行った弾性FEM解析の結果について考察を加えたものである。

2. 解析手法

トンネル模型を埋設した模型砂地盤の解析モデルを図1に示す。模型地盤は2次元アイソパラメトリック要素に、またトンネル模型ははり要素にモデル化した。解析は実験の載荷状態（図1に示すA-A方向に載荷）の対称を考慮して1/4モデルで行っている。解析条件を表1に示す。模型地盤およびトンネル模型の物性値は基礎実験から得たものを用いた。基礎実験ではトンネル模型の変形によって生じる周辺地盤の応力の再配分を把握するために、土圧によって変形が生じないようにその曲げ剛性が大きい鋼管と曲げ剛性に応じて変形が生じるようなアクリル管の2種類のトンネル模型を用いている。ここでは、弾性FEM解析によ

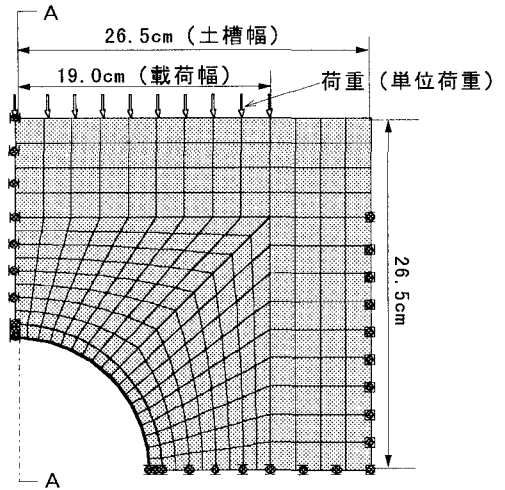


図1 解析モデル

表1 解析条件

模型地盤の諸元		
変形係数	E	75 kgf/cm ²
ポアソン比	ν	0.25
トンネル模型の諸元		
	鋼管	アクリル管
外径	20 cm	20 cm
厚さ	1 cm	0.3 cm
ヤング率	2.1×10^6 kgf/cm ²	3.27×10^4 kgf/cm ²
ポアソン比	0.3	0.36

キーワード：シールドトンネル，覆工設計，土圧，相互作用

連絡先：東京都中央区日本橋本町 4-12-20 TEL:03-3661-4794 FAX:03-3668-9484

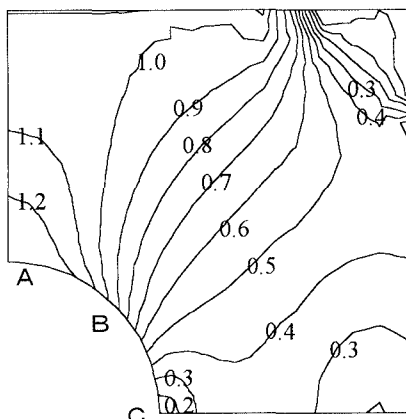


図2 a) 主応力分布（鋼管の場合）

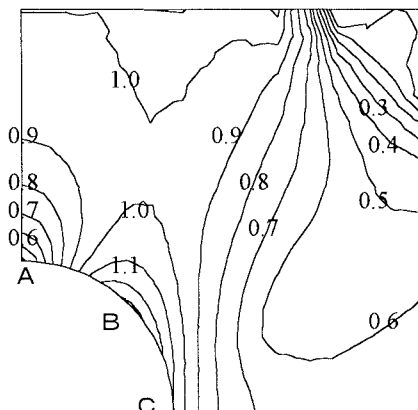


図2 b) 主応力分布（アクリル管の場合）

り、これら2種類の実験結果をシミュレーションし、両実験の地盤内応力を比較する。なお、解析はトンネル模型と地盤との境界条件として、トンネル接線方向の応力が相互に完全に伝達される場合(no-slip)とされない場合(full-slip)の両者を行っている。

3. 解析結果と実験結果との比較およびその考察

鋼管およびアクリル管を埋設した模型地盤の主応力分布の解析結果の例を図2 a), b)に示す。図中の線は等応力線であり、数字は主応力度と図中の上方から作用する等分布の単位荷重との比率を示したものである。なお、ここではトンネル模型周りの半径方向の土圧の解析値が実験値を概ね表現していたこと²⁾から、no-slipの場合のみの結果を示した。

剛性の大きい鋼管の場合は荷重の作用する方向のA点付近に応力が集中する傾向にある。一方、アクリル管の場合はアクリル管の変形に伴ってA点付近の応力集中は軽減され（地盤の主働的挙動）、C点付近の応力が大きくなる（地盤の受働的挙動）傾向にある。これら両者の応力の差分がアクリル管の変形によって生じた地盤内応力の再配分、いわゆる地盤とアクリル管の相互作用による応力と考えられる。図3は鋼管の場合の主応力からアクリル管の場合のそれを差し引いて両者の差分の応力を求めたものである。この図から、受働側となる領域と主働側となる領域が管の周りで区分できることがわかる。またこの領域の角度比は砂地盤（内部摩擦角： 40° ）の受働土圧（ $45^\circ + \phi/2 = 65^\circ$ ）や主働土圧（ $45^\circ - \phi/2 = 25^\circ$ ）でせん断破壊する時の角度比と概ね一致していることがわかる。

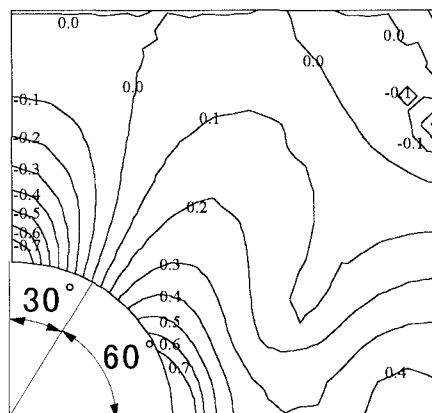


図3 差分の主応力分布

4. おわりに

本報告では模型地盤中にトンネル模型を埋設した実験の結果をふまえ、その状況を弾性FEMによりシミュレーションすることによって主働側の地盤ばね定数を推定する一つの考え方を示した。今後はこの結果をふまえて、より合理的な主働側の地盤ばね定数の推定法について詳細に検討を加える予定である。

【参考文献】1) 例え、木村、野木、渡邊、小泉：トンネル掘削に作用する土圧と覆土変形の相互作用に関する模型実験、トンネル工学研究論文・報告集，p. p. 71-78，1995. 11.

2) 神田、三浦、木村、小泉：シールドトンネルの合理的な設計法に関する研究，第25回関東支部技術研究発表会講演概要集，p. p. 566-567，1998. 3